

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-119244

(43)Date of publication of application : 28.04.1994

(51)Int.Cl.

G06F 12/08
G06F 12/08
G06F 13/10

(21)Application number : 04-099892

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 20.04.1992

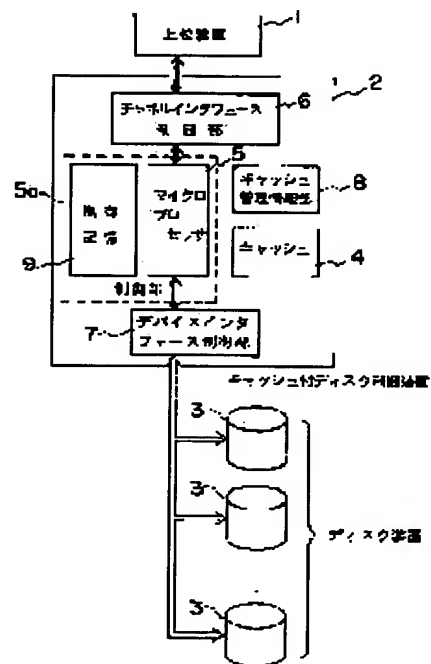
(72)Inventor : NAKANO TOSHIO
NOZAWA MASASHI
SHIRAYANAGI YOSHIRO
YAMAMOTO AKIRA
HIRASHIMA TAKESHI
NIIMURA YOSHIAKI
INOUE TARO

(54) DISK CONTROLLER AND CACHE CONTROL METHOD

(57)Abstract:

PURPOSE: To effectively utilize cache by controlling cache application object/out-of-object selection for a physical area in accordance with a varied access condition.

CONSTITUTION: The disk controller which is positioned between a host device 1 and a disk type storage device 3, and has a cache 4 for loading in a physical area unit determined in advance is provided with a control part 5a for executing a transfer of data and control of the cache, and a cache management information part 8 for storing management information. The information part 8 has an area for obtaining information of cache hit/miss at every accessed physical area, and storing it as statistical information by a plural times portion in the past. The control part 5a has a function for referring to the statistical information in the are stored in the information part 8 with regard to the physical area which becomes a cache miss at the time of access, deciding possibility of a cache hit in the case of loading in the cache, and executing control for loading the physical area in the cache in the case the possibility is high, and not loading it in the case the possibility is low.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-119244

(43)公開日 平成6年(1994)4月28日

| (51)Int.Cl. ⁵ | 識別記号 | 片内整理番号 | F I | 技術表示箇所 |
|--------------------------|---------|---------|-----|--------|
| G 0 6 F 12/08 | 3 1 0 Z | 7608-5B | | |
| | 3 2 0 | 7608-5B | | |
| 13/10 | 3 4 0 A | 8133-5B | | |

審査請求 未請求 請求項の数18(全 23 頁)

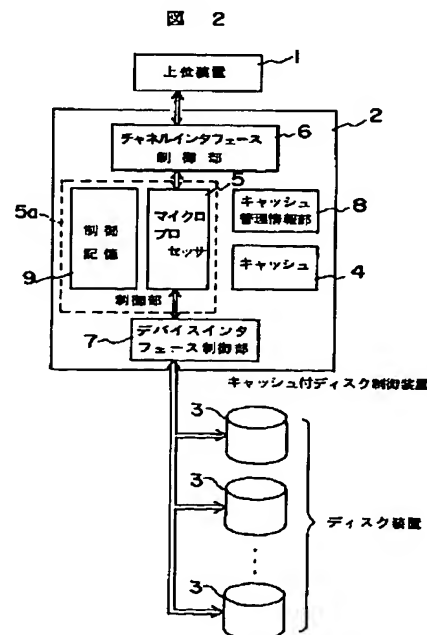
| | | | |
|----------|-----------------|---------|--|
| (21)出願番号 | 特願平4-99892 | (71)出願人 | 000005108 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地 |
| (22)出願日 | 平成4年(1992)4月20日 | (72)発明者 | 中野 俊夫 神奈川県小田原市国府津2880番地 株式会 社日立製作所小田原工場内 |
| | | (72)発明者 | 野沢 正史 神奈川県小田原市国府津2880番地 株式会 社日立製作所小田原工場内 |
| | | (72)発明者 | 白柳 芳朗 神奈川県小田原市国府津2880番地 株式会 社日立製作所小田原工場内 |
| | | (74)代理人 | 弁理士 富田 和子 最終頁に続く |

(54)【発明の名称】 ディスク制御装置およびキャッシュ制御方法

(57)【要約】 (修正有)

【構成】上位装置1とディスク型記憶装置3との間に位置し、予め定めた物理的な領域単位にロードするキャッシュ4を有するディスク制御装置であって、データの転送およびキャッシュの制御を行なう制御部5aと、管理情報を格納するキャッシュ管理情報部8とを備える。情報部8は、キャッシュヒット/ミス情報をアクセスされた物理的な領域ごとに取得して、これを統計情報として過去複数回分蓄積する領域を有する。制御部5aは、アクセス時に、キャッシュミスとなった物理的な領域について、情報部8に格納される、領域の統計情報を参照して、キャッシュにロードした場合のキャッシュヒットの可能性を判定し、可能性が高い場合、物理的な領域をキャッシュにロードし、低い場合、ロードしない制御を行なう機能を有する。

【効果】物理的領域についてのキャッシュ適用対象/対象外選択を、変化するアクセス状況に応じて制御でき、キャッシュを有効活用することができる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】上位装置とディスク型記憶装置との間に位置し、記憶装置における記憶領域を、予め定めた物理的な領域単位にロードするキャッシュメモリを有するディスク制御装置におけるキャッシュ制御方法であって、

キャッシュヒット／ミスの情報を少なくとも含む情報を、アクセスがあるたびに、アクセスされた物理的な領域ごとに取得して、これを統計情報として過去複数回分蓄積し、

アクセス時に、キャッシュミスとなった物理的な領域について、その統計情報を参照して、キャッシュにロードした場合のキャッシュヒットの可能性を判定し、可能性が高い場合、当該物理的な領域をキャッシュにロードし、低い場合、ロードしないことを特徴とするキャッシュ制御方法。

【請求項 2】請求項 1 において、各物理的な領域の統計情報に、当該物理的な領域が、ミス時にキャッシュにロードされるキャッシュ適用対象であるか否かを示す情報を記録するキャッシュ制御方法。

【請求項 3】請求項 2 において、キャッシュにロードした場合のキャッシュヒットの可能性の判定は、アクセスがキャッシュミスとなった時に、当該物理的な領域の統計情報の、キャッシュ適用対象であるか否かを示す情報を参照して、キャッシュ適用対象である場合に行なうキャッシュ制御方法。

【請求項 4】請求項 3 において、アクセスされた物理的な領域が、キャッシュ適用対象でない場合、その統計情報を参照して、その物理的な領域をキャッシュにロードした場合、ヒットの可能性が期待できるか否か、および、システム全体のヒット率の低下を招かないか否かについて判定して、ヒットの可能性が予め定めた基準を超えると共に、システム全体のヒット率の低下を招かないと判定される場合、当該物理的な領域をキャッシュ適用対象として、キャッシュにロードする、キャッシュ制御方法。

【請求項 5】請求項 4 において、システム全体のヒット率の低下を招かないか否かの判定は、現時点のシステム全体のヒット率が、当該物理的な領域がキャッシュ適用対象外と判定された時点でのシステム全体のヒット率より低下しているか否かの判定によって行なわれ、現時点のシステム全体のヒット率が、キャッシュ適用対象外と判定された時点のヒット率より低下しているとき、全体のヒット率の低下を招かないと判定する、キャッシュ制御方法。

【請求項 6】請求項 1 において、キャッシュにロードするか否かの判定を自動的に行なうか否かの設定を、上位装置からの指示を受けて行ない、判定を自動的に行なう設定であるときは、アクセスごとに判定を行ない、判定を自動的に行なわない設定であるときは、上位装置からの指示に従ってキャッシュを制御する、キャッシュ制御

方法。

【請求項 7】請求項 6 において、複数の動作モードを有し、上位装置から動作モード選択指示を受けて、選択された動作モードでキャッシュを動作させる、キャッシュ制御方法。

【請求項 8】上位装置とディスク型記憶装置との間に位置し、記憶装置における記憶領域を、予め定めた物理的な領域単位にロードするキャッシュメモリを有するディスク制御装置であって、

上位装置からの指示を受けて、データの転送およびキャッシュの制御を少なくとも行なう制御部と、キャッシュメモリの管理に用いられる管理情報を格納するキャッシュ管理情報部とを備え、

キャッシュ管理情報部は、キャッシュヒット／ミスの情報を少なくとも含む情報を、アクセスがあるたびに、アクセスされた物理的な領域ごとに取得して、これを統計情報として過去複数回分蓄積する領域を有し、

制御部は、アクセス時に、キャッシュミスとなった物理的な領域について、キャッシュ管理情報部に格納され

る、当該物理的な領域の統計情報を参照して、キャッシュにロードした場合のキャッシュヒットの可能性を判定し、可能性が高い場合、当該物理的な領域をキャッシュにロードし、低い場合、ロードしない制御を行なう機能を有することを特徴とするディスク制御装置。

【請求項 9】請求項 8 において、キャッシュ管理情報部は、各物理的な領域の統計情報に、当該物理的な領域が、ミス時にキャッシュにロードされるキャッシュ適用対象であるか否かを示す情報を記録する領域を、さらに有するディスク制御装置。

【請求項 10】請求項 9 において、制御部は、アクセスがキャッシュミスとなった時に、キャッシュ管理情報部に記録される、当該物理的な領域の統計情報の、キャッシュ適用対象であるか否かを示す情報を参照して、キャッシュ適用対象である場合に、キャッシュにロードした場合のキャッシュヒットの可能性の判定を行なうものであるディスク制御装置。

【請求項 11】請求項 10 において、キャッシュ管理情報部は、現時点のシステム全体のヒット率を求めるためのデータを記録する領域と、各物理的な領域について、物理的な領域がキャッシュ適用対象外と判定された時点におけるシステム全体のヒット率を記録する領域とを、さらに有するディスク制御装置。

【請求項 12】請求項 11 において、制御部は、アクセスされた物理的な領域が、キャッシュ適用対象でない場合、その統計情報を参照して、その物理的な領域をキャッシュにロードした場合、ヒットの可能性が期待できるか否か、および、システム全体のヒット率の低下を招かないか否かについて判定して、ヒットの可能性が予め定めた基準を超えると共に、システム全体のヒット率の低下を招かないと判定される場合、当該物理的な領域をキャ

ッシュ適用対象として、キャッシュにロードする機能を、さらに有するものであるディスク制御装置。

【請求項 1 3】請求項 1 2 において、制御部は、現時点のシステム全体のヒット率を求めるためのデータを記録する領域と、アクセスされた物理的な領域について、当該物理的な領域がキャッシュ適用対象外と判定された時点におけるシステム全体のヒット率を記録する領域とを参照して、現時点のシステム全体のヒット率と、当該物理的な領域がキャッシュ適用対象外と判定された時点でのシステム全体のヒット率とを比較して、現時点のシステム全体のヒット率が、キャッシュ適用対象外と判定された時点のヒット率より低下しているとき、システム全体のヒット率の低下を招かないと判定するものである、ディスク制御装置。

【請求項 1 4】請求項 1 0 において、キャッシュ管理情報部は、キャッシュにロードするか否かの判定を自動的に行なうか否かの設定を記録する領域をさらに有し、制御部は、上位装置からの指示を受けて、上記設定を行ない、上位装置からアクセスがあるとき、上記領域を参照して、判定を自動的に行なう設定であるときは、アクセスごとに判定を行ない、判定を自動的に行なわない設定であるときは、上位装置からの指示に従ってキャッシュを制御する機能を、さらに有するものであるディスク制御装置。

【請求項 1 5】請求項 1 0 において、制御部は、複数の動作モードを有し、上位装置から動作モード選択指示を受けて、選択された動作モードでキャッシュを動作させる機能をさらに有するディスク制御装置。

【請求項 1 6】請求項 1 5 において、キャッシュ管理情報部は、キャッシュヒット／ミスの情報を、動作モードごとに蓄積するものであるディスク制御装置。

【請求項 1 7】請求項 1 6 において、キャッシュ管理情報部は、物理的な領域ごとの統計情報を、システム全体についての統計情報と区別して管理すると共に、キャッシュ適用対象となっている物理的な領域についての統計情報と、キャッシュ適用対象外となっている物理的な領域についての統計情報とを、区別して管理する機能を有するものであるディスク制御装置。

【請求項 1 8】請求項 1 5 において、制御部は、アクセスする物理的な領域の周辺部も併せてロードする基本モードと、順処理ファイルにおける物理的な領域の順次先読みを行なうシーケンシャルモードと、指定された物理的な領域をキャッシュに常駐させる常駐モードとを、選択指示に応じて実行するものであるディスク制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【産業上の利用分野】本発明は、上位装置と、入出力装置との間に位置し、キャッシュメモリ（以下キャッシュと略称する）を有する入出力制御装置に係り、特に、ディスク装置に対して、処理を高速に実行するためのキャッシュ

ッシュを有し、キャッシュに処理要求頻度の高いデータを格納するキャッシュ付ディスク制御装置およびそのキャッシュ制御方法に関する。

【0 0 0 2】

05 【従来の技術】情報処理システムの入出力装置として、磁気ディスク装置等の外部記憶装置がある。この磁気ディスク装置は、情報処理システムの上位装置からアクセスする際、その構造上、アクセス時間がかかるという問題がある。そこで、キャッシュと称される、高速にアクセスできるメモリを、上位装置と磁気ディスク装置との間に配置することが行なわれている。この場合、上位装置から最近にアクセスされたデータは、このキャッシュに格納される。従って、次にアクセスされたとき、ディスク装置ではなく、キャッシュにアクセスすることにより、当該データにアクセスすることができて、アクセス時間を短縮することができる。

15 【0 0 0 3】ところで、このキャッシュは、その容量に限りがあり、すべてのデータをキャッシュに格納することはできない。そのため、アクセスがあったとき、その対象となるデータが、キャッシュ内に存在するとは限らないことが起こり得る。アクセスしようとするデータがキャッシュ内に存在する場合を“ヒット”、そうでない場合を“ミス”と称している。

25 【0 0 0 4】従来、キャッシュのヒット率を上げるため、種々の工夫がなされている。

【0 0 0 5】例えば、特開昭 5 5 - 1 5 4 6 4 8 号公報に記載される技術がある。これは、ディスクの記憶領域ごとに動作モードを設定し、上位装置から入出力要求のアクセス特性を通知し、使用領域ごとに動作モードを切り換えることにより、通知された動作モードで動作するようにしたものである。これにより、ファイルの構造、用途に動的に適用できるディスクキャッシュ制御方法を開示している。

35 【0 0 0 6】また、特開昭 6 0 - 1 4 3 6 0 号公報に記載される技術がある。これは、キャッシュ付ディスク制御装置において、キャッシュミス、ヒット、アクセス回数等の統計情報を取得し、該統計情報を上位装置に転送する手段を備えるものである。この統計情報は、オペレータまたはシステム管理者の検討用に供される。これによって、オペレータまたはシステム管理者は、キャッシュの対象範囲の変更が必要か否か判断でき、必要と判断した場合、上位装置でその対象範囲の指定の書き換えを行なう。

【0 0 0 7】

45 【発明が解決しようとする課題】キャッシュ付ディスク制御装置は、少容量のキャッシュに入出力処理要求頻度の高いデータを格納し、入出力処理要求データがキャッシュ内に存在する確率、すなわち、ヒット率を向上させ、入出力処理の高速化を実現することが要求される。このため、キャッシュ付ディスク制御装置においては、

少容量のキャッシュの有効活用が非常に重要である。すなわち、後続する入出力処理要求で確実に入出力処理対象となるデータのみを、入出力処理要求直前にキャッシュに格納するのが最も効果的である。

【0008】しかし、後続する入出力処理要求での入出力処理対象となる物理的な領域を、完全に予測することは難しい。このため、一般的には、上位装置上のキャッシュ管理ソフトウェアが、オペレーティングシステムの有するアクセス法毎にキャッシュ動作モードを指定し、それを受けたディスク制御装置が、指定された動作モードでキャッシュへのデータのロードを実行する。この場合、各処理要求環境によって異なる入出力処理対象を、オペレーティングシステムの有するアクセス法毎に選択するため、キャッシュにロードしても、キャッシュヒットとならないデータを無駄にロードする、または、キャッシュにロードすればヒットとなるのにキャッシュにロードしないため、入出力処理の高速化が実現できない等、キャッシュの有効活用化が図られない場合が多々ある。

【0009】これらの問題点を克服するため、上記従来技術に示すキャッシュの有効活用化が検討されたが、以下に示すような考慮がなかった。

【0010】(1) 特開昭55-154648号公報に記載され技術では、上位装置がアクセス特性をキャッシュ付ディスク制御装置に指示し、これに基づいてキャッシュローディング方式を選択する。この場合、上位装置でアクセス特性を把握し、キャッシュ動作モードを選択するというオーバーヘッドがかかることになる。また、時々刻々と変化するキャッシュの稼働状況を上位装置で完全に把握することは不可能であり、適切なローディング方式の選択ができない場合がある。

【0011】(2) 特開昭60-14360号公報では、キャッシュ付ディスク制御装置は、上位装置がアクセス特性を把握するのに必要な情報を、上位装置に供与するのみであり、前記問題点の解決には至っていない。

【0012】本発明の目的は、物理的な領域のキャッシュ適用対象／対象外選択を、時々刻々と変化するアクセス状況に応じて制御できて、キャッシュを有効活用することができるディスク制御装置およびキャッシュ制御方法を提供することにある。

【0013】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明の一態様によれば、上位装置とディスク型記憶装置との間に位置し、記憶装置における記憶領域を、予め定めた物理的な領域単位にロードするキャッシュメモリを有するディスク制御装置におけるキャッシュ制御方法であって、キャッシュヒット／ミスの情報を少なくとも含む情報を、アクセスがあるたびに、アクセスされた物理的な領域ごとに取得して、これを統計情報として過去複数回分蓄積し、アクセス時に、キャッシュミスと

なった物理的な領域について、その統計情報を参照して、キャッシュにロードした場合のキャッシュヒットの可能性を判定し、可能性が高い場合、当該物理的な領域をキャッシュにロードし、低い場合、ロードしないことを特徴とするキャッシュ制御方法が提供される。

【0014】上記各物理的な領域の統計情報には、当該物理的な領域が、ミス時にキャッシュにロードされるキャッシュ適用対象であるか否かを示す情報を記録することができる。

10 【0015】キャッシュにロードした場合のキャッシュヒットの可能性の判定は、アクセスがキャッシュミスとなった時に、当該物理的な領域の統計情報の、キャッシュ適用対象であるか否かを示す情報を参照して、キャッシュ適用対象である場合に行なうようにすることができる。

15 【0016】アクセスされた物理的な領域が、キャッシュ適用対象でない場合、その統計情報を参照して、その物理的な領域をキャッシュにロードした場合、ヒットの可能性が期待できるか否か、および、システム全体のヒット率の低下を招かないか否かについて判定して、ヒットの可能性が予め定めた基準を超えると共に、システム全体のヒット率の低下を招かないと判定される場合、当該物理的な領域をキャッシュ適用対象として、キャッシュにロードするようにすることができる。

25 【0017】システム全体のヒット率の低下を招かないか否かの判定は、現時点のシステム全体のヒット率が、当該物理的な領域がキャッシュ適用対象外と判定された時点でのシステム全体のヒット率より低下しているか否かの判定によって行なうことができる。この場合、現時点のシステム全体のヒット率が、キャッシュ適用対象外と判定された時点のヒット率より低下しているとき、全体のヒット率の低下を招かないと判定する。

35 【0018】キャッシュにロードするか否かの判定を自動的に行なうか否かの設定を、上位装置からの指示を受けて行ない、判定を自動的に行なう設定であるときは、アクセスごとに判定を行ない、判定を自動的に行なわない設定であるときは、上位装置からの指示に従ってキャッシュを制御するようにすることができる。

40 【0019】本発明では、キャッシュの動作モードとして、複数の動作モードを有し、上位装置から動作モード選択指示を受けて、選択された動作モードでキャッシュを動作させることができる。

45 【0020】また、本発明の他の態様によれば、上位装置とディスク型記憶装置との間に位置し、記憶装置における記憶領域を、予め定めた物理的な領域単位にロードするキャッシュメモリを有するディスク制御装置であって、上位装置からの指示を受けて、データの転送およびキャッシュの制御を少なくとも行なう制御部と、キャッシュメモリの管理に用いられる管理情報を格納するキャッシュ管理情報部とを備え、キャッシュ管理情報部は、

キャッシュヒット／ミスの情報を少なくとも含む情報を、アクセスがあるたびに、アクセスされた物理的な領域ごとに取得して、これを統計情報として過去複数回分蓄積する領域を有し、制御部は、アクセス時に、キャッシュミスとなった物理的な領域について、キャッシュ管理情報部に格納される、当該物理的な領域の統計情報を参照して、キャッシュにロードした場合のキャッシュヒットの可能性を判定し、可能性が高い場合、当該物理的な領域をキャッシュにロードし、低い場合、ロードしない制御を行なう機能を有することを特徴とするディスク制御装置が提供される。

【0021】キャッシュ管理情報部は、各物理的な領域の統計情報に、当該物理的な領域が、ミス時にキャッシュにロードされるキャッシュ適用対象であるか否かを示す情報を記録する領域をさらに有することができる。

【0022】制御部は、アクセスがキャッシュミスとなった時に、キャッシュ管理情報部に記録される、当該物理的な領域の統計情報の、キャッシュ適用対象であるか否かを示す情報を参照して、キャッシュ適用対象である場合に、キャッシュにロードした場合のキャッシュヒットの可能性の判定を行なう構成とすることができる。

【0023】キャッシュ管理情報部は、現時点のシステム全体のヒット率を求めるためのデータを記録する領域と、各物理的な領域について、物理的な領域がキャッシュ適用対象外と判定された時点におけるシステム全体のヒット率を記録する領域とを、さらに有することができる。

【0024】制御部は、アクセスされた物理的な領域が、キャッシュ適用対象でない場合、その統計情報を参照して、その物理的な領域をキャッシュにロードした場合、ヒットの可能性が期待できるか否か、および、システム全体のヒット率の低下を招かないか否かについて判定して、ヒットの可能性が予め定めた基準を超えると共に、システム全体のヒット率の低下を招かないと判定される場合、当該物理的な領域をキャッシュ適用対象として、キャッシュにロードする機能を、さらに有することができる。

【0025】制御部は、現時点のシステム全体のヒット率を求めるためのデータを記録する領域と、アクセスされた物理的な領域について、当該物理的な領域がキャッシュ適用対象外と判定された時点におけるシステム全体のヒット率を記録する領域とを参照して、現時点のシステム全体のヒット率と、当該物理的な領域がキャッシュ適用対象外と判定された時点でのシステム全体のヒット率とを比較して、現時点のシステム全体のヒット率が、キャッシュ適用対象外と判定された時点のヒット率より低下しているとき、システム全体のヒット率の低下を招かないと判定する構成とすることができる。

【0026】キャッシュ管理情報部は、キャッシュにロードするか否かの判定を自動的に行なうか否かの設定を

記録する領域をさらに有することができる。

【0027】制御部は、上位装置からの指示を受けて、上記設定を行ない、上位装置からアクセスがあるとき、上記領域を参照して、判定を自動的に行なう設定であるときは、アクセスごとに判定を行ない、判定を自動的に行なわない設定であるときは、上位装置からの指示に従ってキャッシュを制御する機能を、さらに有することができる。

【0028】制御部は、複数の動作モードを有し、上位装置から動作モード選択指示を受けて、選択された動作モードでキャッシュを動作させる機能をさらに有することができる。また、これに対応して、キャッシュ管理情報部は、キャッシュヒット／ミスの情報を、動作モードごとに蓄積する構成とすることができる。

【0029】

【作用】ディスク制御装置では、配下のディスク装置の物理的な領域に対応して、当該領域がアクセスされた時点で、当該物理的な領域について、キャッシュの動作状態の履歴を示す統計情報を形成するための情報を取得する。このための情報としては、アクセス時間、アクセス回数、キャッシュヒット／ミス回数等がある。

【0030】ディスク制御装置は、上位装置よりアクセス要求があると、当該アクセス対象データがキャッシュ内に存在する場合には、その転送を行なう。一方、当該アクセス対象の物理的な領域のデータがキャッシュ内に存在しない場合、該統計稼働情報を参照して、キャッシュにロードした場合にヒットの可能性があるか否か判定する。キャッシュにロードしてヒットの可能性がある場合、これをロードする（キャッシュ適用対象）。キャッシュにロードしてもキャッシュヒットの可能性が低い物理的な領域については、これをロードしない（キャッシュ適用対象外）。

【0031】また、本発明では、一旦、キャッシュ適用対象外とした領域についても、キャッシュに再ロードすればキャッシュヒットの可能性が高い物理的な領域については、これをロードするようにすることができる（キャッシュ適用対象）。

【0032】キャッシュ適用対象外と自動的に選択された当該物理的な領域が、再度アクセス対象となった際に、ディスク制御装置は、統計情報を参照し、当該物理的な領域のアクセス頻度が高い、キャッシュ適用対象外としても当該対象外指定処理以前と比較し、当該物理的な領域以外の領域におけるキャッシュヒット率が向上しない、または、逆に低下した、さらに過去のアクセス軌跡により当該物理的な領域をアクセスする可能性が高い、といった種々の要因により、キャッシュ適用対象とすべきと判断された場合、当該物理的な領域をキャッシュ適用対象に自動的に復帰するよう選択することができる。これにより、一旦、キャッシュ適用対象外指定された当該物理的な領域であっても、時々刻々と変化するア

クセス状況に応じてキャッシュ適用対象に復帰させて、高性能化を実現することができる。

【0033】本発明は、上記のキャッシュ適用対象／対象外を、ディスク制御装置内で自動選択するかどうかを設定するための機能（インタフェース）を有し、上位装置が自動選択を指定した場合は、キャッシュ適用対象／対象外の判定を自動的に行なうようにすることができる。また、この際、動作モードの指定も併せて行なうことができる。すなわち、順処理ファイルにおける物理的な領域の順次先読みキャッシュロード方式（シーケンシャルモード）、アクセスする物理的な領域の周辺部もキャッシュへのロードを行う基本モード、指定されたデータセット等の物理的な領域をキャッシュに常駐する常駐モードの各種キャッシュ動作モードの指定が可能にする。

【0034】さらに、これらの各種キャッシュ動作モードを実行中に、キャッシュ適用対象／対象外を、ディスク制御装置内で自動選択する場合、統計情報を参照し、キャッシュ適用対象／対象外を選択する際に、各種キャッシュ動作モードの目的に応じた基準値によって、キャッシュ適用対象／対象外を選択するようにすることができる。

【0035】キャッシュ適用対象／対象外を、ディスク制御装置内で自動選択することにより、複数のユーザで少容量キャッシュを利用する際に、きめ細かなキャッシュ制御を実現するため、高性能化が期待できるユーザのキャッシュ利用を図り、高性能化が期待できないユーザのキャッシュ利用を抑制して、システム全体のキャッシュヒット率を低下させるのを防止し、少容量キャッシュの有効活用が図れる。しかも、ディスク制御装置で制御できるため、上位装置のキャッシュ管理のためのオーバーヘッドを低減できる。

【0036】さらに、上位装置とのインタフェース機能を有する場合には、データおよびファイル管理機能を有すソフトウェアと併せることにより、コンピュータシステム全体での、きめ細かな性能、コストの管理が可能である。

【0037】また、現行のディスク制御装置の、キャッシュ管理およびオペレーティングシステムの有するアクセス法に即したキャッシュ動作モードの指定と、前記のキャッシュ適用対象／対象外をディスク制御装置内で自動選択する手段を併用できるようにすれば、現行装置のサポート延長上で、きめ細かな少容量キャッシュの有効活用が図れる。

【0038】さらに、前記各種キャッシュ動作モードを実行中に、該統計情報を参照し、キャッシュ適用対象／対象外を自動選択する際に、各種キャッシュ動作モードの目的に応じた基準値によって、キャッシュ適用対象／対象外を選択するようにすれば、ため、より一層きめ細かい少容量キャッシュの有効活用が図れる。

【0039】

【実施例】以下、本発明の実施例について、図面を用いて説明する。

【0040】図2に、本発明のディスク制御装置の一実施例の構成およびこれを適用した磁気ディスクサブシステムの構成の概要を示す。

【0041】図2に示す磁気ディスクサブシステムは、磁気ディスクを記憶媒体とする、複数台のディスク装置3と、キャッシュ付ディスク制御装置2（以下、単に、ディスク制御装置と称する）とを有する。この磁気ディスクサブシステムと、これに対してアクセスするホストコンピュータ等の上位装置1とで、情報処理システムが構成される。

【0042】ディスク装置3は、記憶領域として、セクタ、トラック、レコードといった物理的な領域を有する。これらの単位で、キャッシュへのロードが行なわれる。

【0043】ディスク制御装置2は、ディスク装置3に格納される情報の一部を格納するキャッシュ4と、本装置のシステム全体を制御する制御部5aと、上位装置1との接点となるチャンネルインタフェース制御部6と、ディスク装置3との接点となるデバイスインタフェース制御部7と、キャッシュ4の管理情報を有するキャッシュ管理情報部8とを有する。

【0044】本実施例は、ディスク制御装置2内のキャッシュ制御を、キャッシュ管理情報部8に格納される管理情報に基づいて、制御部5aにより行なう構成としたものである。なお、本発明が適用されるディスク制御装置2は、これに限定されるものではなく、キャッシュ4を有するものであればよい。

【0045】制御部5aは、システムの制御を実行するマイクロプロセッサ5と、マイクロプロセッサ5のマイクロプログラムを格納する制御記憶9とを有する。

【0046】キャッシュ4と、キャッシュ管理情報部8と、制御記憶9とは、半導体メモリで構成される。また、キャッシュ4は、図示していないが、不揮発性メモリをさらに有することができる。

【0047】次に、本実施例におけるキャッシュの動作モードについて、図3を参照して説明する。

【0048】図3は、キャッシュ動作モードの代表例（基本モード、シーケンシャルモード、常駐モード）について、その動作を示したものである。これらのモードは、一般的には、上位装置1上のキャッシュ管理ソフトウェアがオペレーティングシステムの有するアクセス法毎に指定する。

【0049】基本モードは、同図（A）に示すように、上位装置1からのアクセス要求の際に、当該データがキャッシュ4内に存在しないと、ディスク装置3から当該データにアクセスし、その際、当該データ周辺部も当該データと共にキャッシュ4へロードするキャッシュ動作モードである。当該データがキャッシュ4内に存在する

場合は、キャッシュ 4 からの高速データアクセスが可能であり、ディスク装置 3 からアクセスする場合と比較し、シーク動作、回転待ち（サーチ）動作といった機械的待ち時間を大幅に低減できる。当該データ周辺部も当該データと共にキャッシュ 4 へロードするのは、1 度参照されたデータおよびその周辺部は再度上位装置 1 からアクセス要求を受ける可能性が高いことによる。一旦、キャッシュ 4 内に格納されたデータは、LRU (Least Recently Used rule) アルゴリズムにより管理され、近い過去に上位装置 1 からアクセスされたものが残り、最も遠い過去に上位装置 1 からアクセスされたものがキャッシュ 4 から追い出される。

【0050】シーケンシャルモードとは、同図 (B) に示すように、順次処理を行う際に、当該データがキャッシュ 4 内に存在しないと、ディスク装置 3 から当該データにアクセスし、引き続いて、当該データ後続部も当該データと共にキャッシュ 4 へロードし、さらに引き続いて、後続する数トラックといった物理的な領域のアクセス単位を先読みするキャッシュ動作モードである。先読みする物理的な領域の単位は、通常、サブシステムで決定されている。本実施例の場合、当該トラックを入れて、4 トラックである。上位装置 1 は、順次処理を行うため、アクセスするデータは絶えずキャッシュ 4 内に先読みされており、高いヒット率が期待できる。上位装置 1 のアクセスするデータ位置が進むと、先読みする物理的な領域に余裕ができ、再度、先読み処理を行う。その際、既に、上位装置 1 のアクセスするデータ位置が進んでしまった領域のトラック部分をキャッシュ 4 から追い出す。キャッシュへの先読み処理の順序を、同図 (B) 中に丸付き数字で示す。

【0051】最後に、常駐モードは、同図 (C) に示すように、あらかじめユーザが指定したデータセット等に対応する物理的な領域をキャッシュ 4 内に常駐させ、当該データセット等に対応する物理的な領域へのアクセスに対しては常にヒットとなるキャッシュ動作モードである。キャッシュ 4 へのロードの契機は、基本モード、シーケンシャルモードではミスの際であったが、本動作モードでは、IMPL (Initial Microprogram Load) 時等である。

【0052】図 4 は、図 1 に示すディスク制御装置内 2 のキャッシュ管理情報部 8 の詳細について示した図である。キャッシュ管理情報部 8 は、ディスク装置 3 の記憶単位となる物理的な領域、例えば、トラックといった物理的な領域毎に、管理情報が取得されている。管理情報としては、当該トラックがキャッシュ 4 内に存在する場合のキャッシュ内管理情報 8 1、当該トラックがキャッシュ 4 内に存在しない場合のキャッシュ外管理情報 8 2、および、サブシステム全体の種々の稼働情報であるサブシステム統計情報 8 3 が格納される。

【0053】キャッシュ内管理情報 8 1 およびキャッシ

ュ外管理情報 8 2 は、前述のディスク装置 3 のトラックといった物理的な領域毎のトラック別統計情報 8 0 からなる。トラック別統計情報 8 0 は、例えば、図 5 に示すように構成される。これについては、後述する。

05 【0054】当該データ領域がキャッシュ 4 内にロードされると、対応するトラック別統計情報 8 0 が、キャッシュ外管理情報 8 2 からキャッシュ内管理情報 8 1 に移動される。また、当該トラックがキャッシュ 4 内から追い出されると、対応するトラック別統計情報 8 0 が、キャッシュ内管理情報 8 1 からキャッシュ外管理情報 8 2 へ移動される。キャッシュ内管理情報 8 1 は、キャッシュ動作モード毎に管理される。すなわち、基本モード、シーケンシャルモードおよび常駐モードの各モードごとに管理される。また、キャッシュ外管理情報 8 2 は、ディスク制御装置 2 内が制御するディスク装置 3 (ボリューム; Vol) 毎にトラック別統計情報 8 0 を管理する。さらに、サブシステム管理情報 8 3 では、キャッシュヒットカウンタ 8 3 a、キャッシュミスカウンタ 8 3 b を有し、サブシステム全体の種々の稼働情報を取得する。

20 【0055】なお、本実施例では、図の理解を容易にするため、簡単な構成を示したが、実現の際には、性能重視の観点から、図示したものと異なる管理情報体系をとることもある。

25 【0056】次に、図 1 を用いて、本実施例の動作の概要を説明する。図では、左に図 1 の上位装置 1 を、右にキャッシュ付ディスクサブシステムの動作を示す。

30 【0057】上位装置 1 からは、“DEFINE EXTENT、LOCATE、READDATA コマンド”といった、通常的大型システム用ディスクインタフェースにより、キャッシュ付ディスクサブシステムに対して指示が発行される。

35 【0058】上位装置 1 は、“DEFINE EXTENT” コマンドの特定ビットを用いて、本実施例による当該アクセス領域のキャッシュ適用対象/対象外を示す適用自動選択指示をキャッシュ付ディスクサブシステムに対して指示する (ステップ 001)。また、本コマンドでは、これに加えて、後続するコマンド群によるキャッシュの動作モード、ファイルマスク等の指示を行う。すなわち、“DEFINE EXTENT” コマンドは、磁気ディスクサブシステムに対して、キャッシュ動作モード、アクセス対象へのアクセス許可等の情報をパラメータにして指示する。本実施例では、キャッシュ対象/対象外の適用を自動制御するか否かを指示する情報を追加する。この情報は、上位装置 1 のオペレーティングシステムと磁気ディスクサブシステムとの間で予め決められたビット列で渡される。

45 【0059】ディスク制御装置 2 は、本コマンドのキャッシュ適用対象/対象外を示す適用自動選択指示を受領することにより、後続するコマンド群で操作される物理

的な領域について、キャッシュ適用対象／対象外をキャッシュ付ディスクサブシステムにおいて自動制御するか否かを規定する（ステップ101）。従って、現行ディスク制御装置のキャッシュ管理、および、制御方法であるオペレーティングシステムの有すアクセス法に即したキャッシュ動作モードの指定と、前記のキャッシュ適用対象／対象外をディスク制御装置2内で自動選択する手段を併用できるため、現行装置のサポート延長上で、きめ細かな少容量キャッシュの有効活用が図れる。図1においては、キャッシュ適用自動選択が指示された状態を示す。

【0060】以降の“LOCATE、READ DATA”コマンドは、通常的大型システム用ディスクインタフェースと同等である。これ以降、上位装置1は、“LOCATE”、“READ DATA”等のコマンドを送る（ステップ002、003）。

【0061】この“LOCATE”コマンドにより、上位装置1の要求処理内容、物理的なアクセス領域指定等が規定される。“LOCATE”コマンドは、以下に続くコマンド群で操作するアクセス対象範囲（シリンダ、ヘッド番号によりアクセス対象トラックが判り、レコード番号により、当該トラックの中のアクセス対象レコードが判る）、READ／WRITE等のデータ操作類別等を指示する。そして、このコマンドの後、実際にレコードを操作するコマンド群が続く。“LOCATE”コマンドを受領したディスク制御装置2は、当該アクセスデータがキャッシュ4内に存在するか否かをキャッシュ管理情報によって調べる（ステップ102）。

【0062】キャッシュ4内に存在する場合（ヒット）は、引き続く“READ DATA”コマンドにより、シーク動作、回転待ち（サーチ）動作といった機械的待ち時間無しに、キャッシュ4から高速アクセス（データ転送）が可能である。すなわち、ヒットの場合、ディスク制御装置2は、データ転送準備完了を上位装置1に知らせる（ステップ103）。これに対して、上位装置1が“READ DATA”を発行する（ステップ003）と、ディスク制御装置2は、キャッシュ4内にある該当データを上位装置に転送する（ステップ104）。この後、キャッシュ管理情報部8に存在するキャッシュ内管理情報81を更新する（ステップ105）。そして、処理が完了すると、その旨を上位装置1に報告する（ステップ106）。

【0063】一方、当該アクセスデータがキャッシュ4内に存在しない場合、図4に示すキャッシュ管理情報部8のキャッシュ外管理情報82から、当該アクセス領域の存在するトラック別統計情報80を参照する（ステップ107）。トラック別統計情報には、図5に示すように、現状のキャッシュ適用対象／対象外を示す適用自動選択指示、および、前回アクセス時点のキャッシュ適用対象／対象外等の全体情報の他に、キャッシュ動作モ-

ド毎の稼働履歴、カウンタを有する。ここでは、当該アクセス領域の現ステータスがキャッシュ適用対象であるか否かを確認する。また、稼働履歴を参照して、今回のアクセスにキャッシュを適用した場合に、キャッシュ適用の効果があるか否かを算定する。本算定方式の詳細は後述する。

【0064】算定結果に基づいて、キャッシュ適用の効果があるか否かを判定する（ステップ108）。算定の結果、効果が期待できる場合、当該トラックをキャッシュ適用対象とし、効果が期待できない場合、当該トラックをキャッシュ適用対象外とする。

【0065】キャッシュ適用対象とした場合、ディスク制御装置2は、ディスク装置3に対して、目的データにアクセスするため、シーク、サーチ動作を指示する。データ転送準備が完了した後、その旨を上位装置1に報告する（ステップ109）。上位装置1から発行される“READ DATA”コマンドにより、データ転送処理が実行される。この際に、当該トラックをキャッシュ適用対象としたため、当該データおよび後続データ部（本図は基本モードとする）をキャッシュ4へロードする（ステップ110）。この後、キャッシュ管理情報部8に存在するキャッシュ内管理情報81を更新する（ステップ111）。そして、処理が完了すると、その旨を上位装置1に報告する（ステップ106）。

【0066】キャッシュ適用対象外とした場合、ディスク制御装置2は、ディスク装置3に対して、目的データにアクセスするため、シーク、サーチ動作を指示する。データ転送準備が完了した後、その旨を上位装置1に報告する（ステップ112）。上位装置1から発行される“READ DATA”コマンドにより、データ転送処理が実行される（ステップ113）。この場合は、キャッシュ適用対象外のため、当該データのみをディスク装置3から上位装置1に転送する。但し、当該データおよび後続データ部（本図は基本モードとする）をキャッシュ4へロードすることは行わない。この後、キャッシュ管理情報部8に存在するキャッシュ外管理情報82を更新する（ステップ114）。そして、処理が完了すると、その旨を上位装置1に報告する（ステップ106）。

【0067】このように、全ての場合において、今回のアクセスにおけるキャッシュ管理情報を更新する。

【0068】次に、図5により、図1において用いられるキャッシュ管理情報を構成するトラック別統計情報について、説明する。

【0069】トラック別統計情報は、当該トラックの現在の状態を示す情報500と、過去の状態を示す稼働履歴600とを有する。

【0070】当該トラックの現在の状態を示す情報500としては、現ステータス510、キャッシュ自動制御520、キャッシュ適用対象530、キャッシュ適用対

象外 5 4 0、適用対象外指定時のサブシステムヒット率 5 5 0 の各項目がある。現ステータス 5 1 0 では、当該トラックがキャッシュ 4 に存在するか否かを示す。すなわち、キャッシュ 4 へロードされると、現ステータス 5 1 0 の項は、キャッシュ 4 への存在を示すように、更新される。キャッシュ自動制御 5 2 0 の項では、ディスク制御装置 2 が本トラックのキャッシュ適用対象／対象外指定を自動選択するか否かを示す適用自動選択指示を示す。キャッシュ適用対象 5 3 0 の項およびキャッシュ適用対象外 5 4 0 の項は、現状、当該トラックが適用自動選択の場合、キャッシュ適用対象／対象外であることを示す。適用対象外指定時のサブシステムヒット率 5 5 0 の項は、ディスク制御装置 2 が当該トラックをキャッシュ適用対象外と自動選択した時点における、本ディスクサブシステムのヒット率 5 5 0 を格納する。一旦、当該トラックをキャッシュ適用対象外と自動選択したが、再度キャッシュ適用対象とするか否か算定する際に、本適用対象外指定時のサブシステムヒット率を参照し、キャッシュ適用対象外とした効果があったか否か確認する。

【0071】ここで、ヒット率は、次式で与えられる。なお、（キャッシュ内にデータが存在したアクセス回数）および（サブシステムでの全アクセス回数（RD））は、例えば、サブシステム統計情報 8 3 から得ることができる。

【0072】

ヒット率＝（キャッシュ内にデータが存在したアクセス回数）÷（サブシステムでの全アクセス回数（RD））さらに、トラック別統計情報では、基本モード、シーケンシャルモード、常駐モードといったキャッシュ動作モード毎に、過去の稼働履歴 6 1 0、6 2 0 および 6 3 0 を取得する。稼働履歴 6 1 0、6 2 0 および 6 3 0 は、各アクセス時点におけるアクセス時刻 6 1 1、6 2 1 および 6 3 1、キャッシュヒット／ミス 6 1 2、6 2 2 および 6 3 2 等の項目を含む。本実施例では、過去 1 2 回の稼働履歴を取得するものとしている。これに限定されるものではない。これは、適宜設定することができる。例えば、運用実績を見て、最適な回数の稼働履歴を取得するようにすればよい。

【0073】また、過去の状態を示す稼働履歴 6 0 0 として、各動作モード毎のアクセスカウンタ 6 1 3、6 2 3 および 6 3 3 と、キャッシュヒットカウンタ 6 1 4、6 2 4 および 6 3 4 とがさらに設けられる。これにより、当該トラックにおけるキャッシュの利用状況をチェックできる。

【0074】次に、図 6～図 9 を用いて、本実施例の動作の詳細を説明する。

【0075】上位装置 1 が発行した“DEFINE EXTENT、LOCATE”コマンド等をディスク制御装置 2 のチャネルインタフェース制御部 6 で受領し、マイクロプロセッサ 5 はアクセス要求を受領する。マイク

ロプロセッサ 5 は、“DEFINE EXTENT”コマンド等に示されたキャッシュ適用対象／対象外の自動選択指示を調べる（ステップ 2 0 1）。自動選択指示であれば、以下、キャッシュ 4 へのロードをディスク制御装置 2 内で自動的に制御する。本指示が無い場合は、通常の上位装置 1 が指定するキャッシュ動作モードのみに基づいて動作する（ステップ 2 0 2）。また、現行の上位装置 1 上のキャッシュ管理、制御ソフトが指定するキャッシュ動作モードと、キャッシュ適用対象／対象外の自動選択指示は独立に設定できるため、併用が可能である。

【0076】次に、“LOCATE”コマンド等により、当該アクセス要求対象の物理的領域を指示されたマイクロプロセッサ 5 は、キャッシュ管理情報部 8 を参照し、当該アクセス要求対象の物理的領域がキャッシュ 4 内に存在するか否かをチェックする（ステップ 2 0 3）。キャッシュ 4 内に存在する（キャッシュヒット）場合、引き続きデータ処理コマンドによって、上位装置 1 とキャッシュ 4 の間で、データ転送処理を行なう。この場合、シーク動作、回転待ち（サーチ）動作といった機械的待ち時間無しに、高速処理が可能となる。データ転送処理完了後に、キャッシュ管理情報部 8 の、キャッシュ内管理情報 8 1 の該当するトラック別統計情報 8 0 およびサブシステム統計情報 8 3 を更新する。

【0077】キャッシュ 4 内に存在しない（キャッシュミス）場合、上位装置 1 上のキャッシュ管理、制御ソフトが指定するキャッシュ動作モードに応じた処理を行う。そこで、まず、キャッシュ動作モードが基本モードか否かの判定を行なう（ステップ 2 0 6）。

【0078】まず、基本モードの場合について説明する。キャッシュミスのため、キャッシュ外管理情報に格納された該当するトラック別統計情報 8 0 を参照する。現状のステータスを参照し、現在、当該トラックがキャッシュ適用対象であるかを調べる（ステップ 2 0 7、2 0 8）。キャッシュ適用対象である場合、基本モード稼働履歴を参照し、当該トラックをキャッシュ 4 にロードすると次回のアクセスでキャッシュヒットが期待できるか否かを算定すると共に、50%以上の可能性でキャッシュヒットが期待できるか否かを判定する（ステップ 2 0 9、2 1 0）。本実施例の場合、過去 1 2 回の稼働履歴の内、50%以上の可能性でキャッシュヒットが期待できる場合は、当該トラックをキャッシュ 4 へロードする。それ以下の場合は、当該トラックをキャッシュ 4 へロードしない。これは、当該トラックをキャッシュ 4 へロードしても次回のアクセスでキャッシュヒットが期待できず、他の処理によるキャッシュヒットが期待できるデータをキャッシュ 4 から追い出すことになり、かえってサブシステムの性能を低下させるためである。

【0079】なお、この期待値は、適宜定めることができる。実際には、システムの運用方法によって、異なる

ことも考えられるので、運用実績を考慮して、最適値を設定する。

【0080】50%以上の可能性でキャッシュヒットが期待できるとき、キャッシュ適用対象と算定する(ステップ211)。このように算定されると、マイクロプロセッサ5は、デバイスインタフェース制御部7を介して、ディスク装置3に対して、シーク、回転待ち(サーチ)動作を指示する(ステップ212)。目的データの位置が回転により近づき、データ転送準備が完了すると、マイクロプロセッサ5は、上位装置1との再接続要求を通知し、再接続されると、ディスク装置3からデータ転送を行う。この際に、キャッシュ適用対象と算定されたために、当該データと後続する当該データ周辺部をキャッシュ4へロードする(ステップ213)。

【0081】データ転送終了後に、当該トラックのトラック別統計情報80をキャッシュ外管理情報82からキャッシュ内管理情報81へ移し、併せて今回のステータス情報(キャッシュ適用対象)をセットし、基本モードの稼働履歴に今回の履歴を加える。さらに、基本モードアクセスカウンタ、サブシステム統計情報を更新する(ステップ214)。

【0082】50%以上の可能性でキャッシュヒットが期待できないとき、キャッシュ適用対象外と算定される(ステップ215)。キャッシュ適用対象外と算定された場合、マイクロプロセッサ5は、デバイスインタフェース制御部7を介して、ディスク装置3に対して、シーク、回転待ち(サーチ)動作を指示する(ステップ216)。目的データの位置が回転により近づき、データ転送準備が完了すると、マイクロプロセッサ5は、上位装置1との再接続要求を通知し、再接続されると、ディスク装置3からデータ転送を行う(ステップ217)。この際に、キャッシュ適用対象外と算定されたため、当該データと後続する当該データ周辺部をキャッシュ4へロードしない。

【0083】上位装置1へのデータ転送終了後に、当該トラックのトラック別統計情報80に、今回のステータス情報(キャッシュ適用対象外、適用対象外指定時のサブシステムヒット率)をセットし、基本モードの稼働履歴に今回の履歴を加える。さらに、基本モードアクセスカウンタ、サブシステム統計情報を更新する(ステップ218)。

【0084】次に、ステップ208において、当該トラックがキャッシュ適用対象外であると判定された場合について、図7を参照して説明する。

【0085】マイクロプロセッサ5が、当該トラックのトラック別統計情報80を参照した結果、当該トラックがキャッシュ適用対象外である場合、引き続きキャッシュ適用対象外とするか否かを算定する(ステップ301)。本実施例の場合、過去12回の稼働履歴を用いる。まず、過去12回の稼働履歴の内、例えば、50%

以上の可能性でキャッシュヒットが期待できるか否かを判定する(ステップ302)。期待できる場合、キャッシュ適用対象とする(ステップ305)。また、50%以上の可能性でキャッシュヒットが期待できない場合でも、例えば、20~50%の可能性でキャッシュヒットが期待できるか否か(ステップ303)、および、現時点のサブシステムのキャッシュヒット率が当該トラックのトラック別統計情報の適用対象外指定時のサブシステムヒット率よりも低下しているか否か(ステップ304)を判定する。20~50%の可能性でキャッシュヒットが期待でき、かつ、現時点のサブシステムのキャッシュヒット率が当該トラックのトラック別統計情報の適用対象外指定時のサブシステムヒット率よりも低下している場合、再度キャッシュ対象指定とする(ステップ305)。

【0086】これらの場合、一旦、キャッシュ適用対象外指定としたが、他の処理へのキャッシュ4へのロードの機会を低減するといった悪影響が無く、キャッシュヒットの可能性が低い期待もできるので、再度キャッシュ対象指定とする。それ以外の場合は、当該トラックをキャッシュ4へロードしても、次のアクセスでキャッシュヒットが期待できず、他の処理によるキャッシュヒットが期待できるデータをキャッシュ4から追い出すことになり、かえってサブシステムの性能を低下させるため、継続してキャッシュ対象外指定とし(ステップ309)、当該トラックをキャッシュ4へロードしない。

【0087】以後の処理、すなわち、ステップ306から308、および、ステップ310から312は、前述の当該トラックがキャッシュ適用対象である場合の、ステップ212から214、および、ステップ216から218とそれぞれ同様である。

【0088】次に、図6のステップ206において、“DEFINE EXTENT”コマンド等に表示されたキャッシュ動作モードが、基本モードでなく、シーケンシャルモードであると判定された場合について、図8および図9を参照して説明する。

【0089】マイクロプロセッサ5は、“DEFINE EXTENT”コマンド等に表示されたキャッシュ動作モードに基づいて、シーケンシャルモードであると判定する(ステップ401)。この場合、キャッシュミスのため、マイクロプロセッサ5は、キャッシュ外管理情報82に格納された該当するトラック別統計情報を参照する(ステップ402)。現状のステータスを参照し、現在、当該トラックがキャッシュ適用対象であるか否かを調べる(ステップ403)。

【0090】キャッシュ適用対象である場合、シーケンシャルモード稼働履歴を参照し、“当該トラックをキャッシュ4にロードすると次のアクセスでキャッシュヒットが期待できるか否か”を算定する(ステップ404)。そして、本実施例の場合、過去12回の稼働履歴

の内、基本モードの場合より低い（基準値よりも低い）可能性、例えば、30%以上の可能性でキャッシュヒットが期待できるか否か判定する（ステップ405）。

【0091】30%以上の可能性でキャッシュヒットが期待できる場合は、キャッシュ適用対象とする（ステップ406）。当該トラックをキャッシュ4へロードする。それ以下の場合は、当該トラックをキャッシュ4へロードしても次回のアクセスでキャッシュヒットが期待できず、他の処理によるキャッシュヒットが期待できるデータをキャッシュ4から追い出すことになり、かえってサブシステムの性能を低下させるため、キャッシュ適用対象外とセットする（ステップ410）。この場合、当該トラックをキャッシュ4へロードしない。

【0092】キャッシュ適用対象と算定されると、マイクロプロセッサ5は、デバイスインタフェース制御部7を介して、ディスク装置3に対して、シーク、回転待ち（サーチ）動作を指示する（ステップ407）。目的データの位置が回転により近づき、データ転送準備が完了すると、マイクロプロセッサ5は、上位装置1との再接続要求を通知し、再接続されると、ディスク装置3からデータ転送を行う（ステップ408）。この際に、キャッシュ適用対象と算定されたために、当該データを含む1トラック分のデータをキャッシュ4へロードする。データ転送終了後に、当該トラックのトラック別統計情報をキャッシュ外管理情報からキャッシュ内管理情報へ移し、合わせて今回のステータス情報（キャッシュ適用対象）をセットし、シーケンシャルモードの稼働履歴に今回の履歴を加える。さらに、シーケンシャルモードアクセスカウンタ、サブシステム統計情報を更新する（ステップ409）。

【0093】キャッシュ適用対象外と算定された場合、マイクロプロセッサ5は、ステップ407と同様に、デバイスインタフェース制御部7を介して、ディスク装置3に対して、シーク、回転待ち（サーチ）動作を指示する（ステップ411）。目的データの位置が回転により近づき、データ転送準備が完了すると、マイクロプロセッサ5は、上位装置1との再接続要求を通知し、再接続されると、ディスク装置3からデータ転送を行う（ステップ412）。ただし、当該データを含む1トラック分のデータをキャッシュ4へロードしない。上位装置1へのデータ転送終了後に、今回のステータス情報（キャッシュ適用対象外、適用対象外指定時のサブシステムヒット率）をセットし、シーケンシャルモードの稼働履歴に今回の履歴を加える。さらに、シーケンシャルモードアクセスカウンタ、サブシステム統計情報を更新する（ステップ413）。

【0094】ステップ403において、マイクロプロセッサ5が、当該トラックのトラック別統計情報を参照した結果、当該トラックがキャッシュ適用対象外である場合、シーケンシャルモード稼働履歴を参照し、“当該ト

ラックをキャッシュ4にロードすると次回のアクセスでキャッシュヒットが期待できるか否か”を算定する（ステップ414）。そして、本実施例の場合、過去12回の稼働履歴の内、基本モードの場合より低い（基準値よりも低い）可能性、例えば、30%以上の可能性でキャッシュヒットが期待できるか否か判定する（ステップ415）。

【0095】30%以上の可能性でキャッシュヒットが期待できる場合は、キャッシュ適用対象とする（ステップ418）。当該トラックをキャッシュ4へロードする。また、30%以上の可能性でキャッシュヒットが期待できない場合でも、例えば、10~30%の可能性でキャッシュヒットが期待できるか否か（ステップ416）、および、現時点のサブシステムのキャッシュヒット率が当該トラックのトラック別統計情報の適用対象外指定時のサブシステムヒット率よりも低下しているか否か（ステップ417）を判定する。10~30%の可能性でキャッシュヒットが期待でき、かつ、現時点のサブシステムのキャッシュヒット率が当該トラックのトラック別統計情報の適用対象外指定時のサブシステムヒット率よりも低下している場合、再度キャッシュ対象指定とする（ステップ418）。

【0096】これらの場合、一旦、キャッシュ適用対象外指定としたが、他の処理へのキャッシュ4へのロードの機会を低減するといった悪影響が無く、キャッシュヒットの可能性が低い期待もできるので、再度、キャッシュ対象指定とする。それ以外の場合は、当該トラックをキャッシュ4へロードしても、次回のアクセスでキャッシュヒットが期待できず、他の処理によるキャッシュヒットが期待できるデータをキャッシュ4から追い出すことになり、かえってサブシステムの性能を低下させるため、継続してキャッシュ対象外指定とし（ステップ422）、当該トラックをキャッシュ4へロードしない。

【0097】以後の処理、すなわち、ステップ419から421、および、ステップ423から425は、前述の当該トラックがキャッシュ適用対象である場合の、ステップ407から409、および、ステップ411から413とそれぞれ同様である。

【0098】シーケンシャルモードの場合、当該トラックを処理後、引き続いて先読み処理を行う場合がある。そこで、マイクロプロセッサ5は、引き続き先読み処理を行なうか否か判定する（ステップ426）。先読み処理を行なわない場合、これで処理を完了する。一方、先読み処理を行なう場合、1個進んだトラック（次のトラック）をロードするため、次のトラックのトラック別統計情報を参照する（ステップ427）。以降の処理は、前述の最初のトラックロードの場合と同様である。

【0099】なお、キャッシュ適用対象外と自動選択された場合、当該トラックは、キャッシュ4へロードせず、本シーケンシャルモード用のキャッシュ4内の占有

領域が1トラック分減ることになる。

【0100】最後に、“DEFINE EXTENT” コマンド等に示されたキャッシュ動作モードが常駐モードの場合について、説明する。

【0101】常駐モードのロードの機会は、一般的にIPL (Initial Program Load) 時等であり、データセット等に対応する纏まった領域が1度にロードされる。この場合も、前述の2種のモードと同様に、当該トラックのトラック別統計情報を参照し、過去の稼働履歴に基づいてキャッシュ適用対象／対象外を選択する。ただし、当該トラックをキャッシュ適用対象と算定する基準は、前記2種のモードの場合と異なる。

【0102】以上述べた制御動作は、システムが定常状態になっている場合についてのものである。システムの起動時には、キャッシュには何もロードされていないので、初期のアクセスは、キャッシュミスとなる。そのため、キャッシュ適用対象として効果があるか否かの判定は、システムが定常状態となってから行なうようにすることが好ましい。システムが定常状態となっているか否かは、例えば、アクセス回数で判定することができる。

【0103】以上の実施例では、キャッシュ適用対象外指定と判定されると、アクセス時にも、キャッシュへのロードを行なわない。しかし、このような場合でも、特定の場合には、キャッシュ適用対象とする構成とすることができる。以下、この場合の一例について説明する。

【0104】キャッシュ適用対象外の指定を受けると、キャッシュ4へのロードは行なわない。しかし、この場合であっても、アクセス状況は、統計情報として取得される。キャッシュ適用対象外であれば、キャッシュ4へのロードが行なわれないので、本来であれば、その分の領域を、別のデータが有効に活用できる。しかし、必ずしも有効に活用できるとは限らない場合がある。その例として、例えば、キャッシュ適用対象外の指定を受けた領域が極めて小容量の場合、磁気ディスクサブシステムへのアクセス要求が頻繁でない場合等の場合がある。前者の場合、キャッシュ適用対象としても、他のジョブ、システム等が、空けられる小容量の領域では、必要なデータ量を収容できないため、キャッシュを利用できない。また、後者の場合、キャッシュに存在していても、ヒット率を低下させないことが想定される。

【0105】そこで、これらの場合には、キャッシュ適用対象に復帰させ、確率的には小さいが、後続のアクセスでのヒットの可能性を狙うこととする。復帰させる方法としては、一定時間の間、サブシステムのキャッシュヒット率が低下しないので、かつ、その領域にアクセスが来た場合に、キャッシュ適用対象とする。

【0106】次に、本発明が適用されるいくつかの態様について、説明する。

【0107】以上の実施例で述べたように、本発明によ

れば、限られた容量のキャッシュを、ヒット率の小さいデータで占有させないようにして、有効活用できるようにしている。情報処理装置においては、単一システムが稼働している場合や、複数システムが並行して稼働している場合がある。本発明は、このいずれについても有効である。

【0108】例えば、情報処理装置上で単一システムが稼働している場合、同時に複数のジョブが実行され、1の磁気ディスクサブシステムの異なる領域に、アクセス要求が発生することがある。本発明は、これらのアクセスの対象となる物理的領域について、キャッシュにロードされる対象とするかしないかを判定して、必要度の低い領域については、キャッシュの適用対象外とする。また、キャッシュ適用対象／対象外の判定を、統計情報に基づいて、自動的に決定する。そして、それに応じて、必要度の低い物理的領域は、アクセスがあっても、キャッシュにロードしないようにする。

【0109】ここで、統計情報は、物理的領域のそれぞれに対するアクセス実績を示す。キャッシュにロードされる対象の判定は、複数のジョブについて、均等に行なわれる。その結果、必要度の低い物理的領域がキャッシュにロードされることによって、必要度の高い領域がキャッシュから追い出されるという事態を防ぐことができる。従って、アクセス頻度の高い物理的領域を、より長くキャッシュに保持でき、キャッシュヒット率の向上を実現することができる。

【0110】また、複数システムでキャッシュを使用する場合、単一システムに比べ、より多くのアクセス要求が発生することが推定される。本発明では、上述したように、統計情報に基づいて、キャッシュ適用対象／対象外の判定を行ない、それに応じて、必要度の低い物理的領域は、キャッシュにロードされないようにする。このため、各システムにおいて、むだな領域をキャッシュにロードすることが避けられる。これによって、各システムにおけるアクセス頻度の高い物理的領域が、より長くキャッシュに保持できるようになり、結果として、キャッシュヒット率の向上を実現することができる。

【0111】ところで、上述したことを、オペレーティングシステムのソフトウェアによって実現しようとする、オペレーティングシステムにそのためのオーバーヘッドが必要となる。しかも、複数システムで使用する際には、各システムにおいて、キャッシュ適用対象／対象外の判定を均等に行なう必要がある。均等に行なわないと、あるシステムでは、きめ細かく制御を行なうが、別のシステムでは、そうしないといったことが起こり得る。そのため、限られた容量の共用資源であるキャッシュを使用を均一に管理することが実現できない。しかし、キャッシュ適用対象／対象外の判定を均等に行なうことは、オペレーティングシステムの環境設定を均一化することであり、現実には、困難である。これにたいし

て、制御を一手に担うグローバルプロセッサ等を設けることが考えられる。しかし、この方法は、システム間相互の通信を行なうための通信装置等のハードウェアシステムをさらに設ける必要があり、ハードウェアの負担が大きくなるため、現実的ではない。

【0112】本発明は、上述したように、ディスク制御装置において、各システムについて、キャッシュ適用対象／対象外の判定を、自動的に、かつ、均等に行なっている。従って、オペレーティングシステムでは、このための配慮を行なうことは不要であり、オーバーヘッドを大きくすることはない。しかも、そのためのハードウェアとしては、キャッシュ管理情報を格納するためのメモリを設ければ足りる。従って、ハードウェアの負担も少ない。

【0113】なお、複数システムが稼動する場合として、異なるユーザのシステムが複数稼動する場合がある。本発明は、このような場合にも好適であって、キャッシュ適用対象／対象外の判定を、自動的に、かつ、各ユーザについて均等に行なう。従って、各ユーザは、それぞれ他のユーザのキャッシュ使用状況を考えることを要せず、それぞれ必要度に応じてキャッシュ利用のサービスが受けられる。

【0114】また、本発明は、特定のアプリケーションを意識するものではなく、汎用的なディスクアプリケーションに適用することができる。ここで、その一例として、データベース／データ通信システム（DB／DCシステム）に適用した例について、説明する。なお、このDB／DCシステムは、上記図2に示す構成を有するものとする。

【0115】一般に、DB／DCシステム検索時に、インデックスデータセット等の共通アクセス領域をキャッシュにロードすると、後続するアクセス要求についても、キャッシュからの高速アクセスが期待できる。ところが、一般データを格納するデータセットへのアクセスは、読みだし（READ）後、更新（WRITE）するケース等の特殊ケースを除くと、後続するアクセス要求で、キャッシュヒットする可能性は少ない。これは、アクセス部位が完全にランダムであるためである。そのため、キャッシュにロードされても、その後、1回もアクセスされずに、キャッシュから破棄されるケースも、多々存在する。

【0116】本発明では、DB／DCシステム検索に際して、論理的に構築されたデータセットに対しては、データセット構築方法に応じたアクセス法毎に、選択されたキャッシュ動作モード、例えば、シーケンシャルモードを用いて行なうことができる。一方、ランダム領域については、一般のランダムファイルと同様に、例えば、基本モードを用いてアクセスを行なうようにすることができる。これらは、DB／DCシステムを構成する上位装置1において指定すればよい。この時、上位装置1で

は、それ以上の細かい制御を必要としない。制御は、与えられたモードに従って、ディスク制御装置2が実行する。

【0117】本発明では、ディスク制御装置2は、上述した実施例に示すように、統計情報に基づいて、物理的領域のキャッシュ適用対象／対象外の判定を行なって、キャッシュ4へのデータのロードを制御する。この例では、インデックスデータセット等の共通アクセス領域は、ヒット率が高くなるので、キャッシュ適用対象と判定され、キャッシュにロードされ、ランダム領域は、ヒット率が低くなり、キャッシュ適用対象外と判定され、アクセスされても、キャッシュにロードされない。ただし、ランダム領域でも、アクセスが頻繁になされる領域については、履歴情報において、ヒット率が高くなるので、キャッシュ適用対象に判定されることがあり得る。これによって、キャッシュへのむだなロードが避けられ、真にロードすべきデータを、磁気ディスクサブシステムで自動制御する。

【0118】また、以上の実施例では、主として、データを読みだす場合について説明したが、それは、データの読みだしの場合に、特に効果的であるためである。また、一般に、データのアクセスは、読み出しについて行なわれる場合の比率が高いことによる。例えば、本発明者の調べによれば、一般的には、読みだしと書き込みは、7：3の比で、読みだしが多い。特に、ファイルの参照が多いアプリケーションでは、9：1以上の比で、読みだしが多い。その典型的な例として、上述したデータベースシステムの検索等がある。もちろん、書き込みの場合にも、本発明を適用することができる。

【0119】上述したように、本発明の実施例によれば、例えば、複数のユーザのシステムが稼動している場合に、高性能化が期待できるユーザがキャッシュを利用し、高性能化が期待できないユーザがキャッシュを利用しサブシステム全体のキャッシュヒット率を低下させるのを防止し、サブシステム内で自動的に少容量キャッシュの有効活用が図れる。また、上記実施例では、現行のキャッシュ動作モードとの併用が可能であり、現行装置サポートの延長上で、きめ細かなキャッシュの有効活用が図れる。さらに加えて、各キャッシュ動作モードの目的に応じた基準値によって、キャッシュ適用対象／対象外を自動選択するため、より一層きめ細かい少容量キャッシュの有効活用が図れる。

【0120】なお、上記実施例では、磁気ディスク装置に適用する例を示したが、本発明は、これに限定されない。他の記憶装置、例えば、光ディスク装置等にも適用することができる。

【0121】また、上記実施例では、キャッシュにロードする物理的な領域の単位として、トラックが用いられているが、本発明は、これに限定されない。例えば、レコード単位としてもよい。また、動作モードによって異

ならせてもよい。例えば、基本モードでは、レコード単位、シーケンシャルモードではトラック単位またはセクタ単位等のようにしてもよい。これらの場合、統計情報は、それぞれロードする単位でも受けることが好ましい。例えば、レコード単位とする。

【0 1 2 2】

【発明の効果】本発明によれば、物理的領域についてのキャッシュ適用対象／対象外選択を、時々刻々と変化するアクセス状況に応じて制御できて、キャッシュを有効活用することができる。しかも、上位装置のキャッシュ管理のためのオーバーヘッドを増加させることがなく、また、ハードウェアの負担も小さくてすむ。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明のディスク制御装置およびディスク制御方法の一実施例の動作の概要を示すフローチャート。

【図 2】本発明のディスク制御装置の一実施例の構成およびこれを適用した磁気ディスクサブシステムの構成の概要を示すブロック図。

【図 3】キャッシュ動作モードの代表例について、その動作を示す説明図であって、(A) は基本モードの動作説明図、(B) はシーケンシャルモードの動作説明図、(C) は常駐モードの動作説明図。

【図 4】図 1 に示すディスク制御装置内 2 のキャッシュ管理情報部 8 の詳細について示す説明図。

【図 5】上記実施例において用いられるキャッシュ管理情報を構成するトラック別統計情報の構成の一例を示す

05 説明図。

【図 6】本発明のディスク制御装置の動作の詳細を示すフローチャート。

【図 7】図 6 のステップ 2 0 8 でキャッシュ対象外と判定された場合の処理を示すフローチャート。

10 【図 8】図 6 のステップ 2 0 6 で基本モードでないと判定された場合の処理の一部を示すフローチャート。

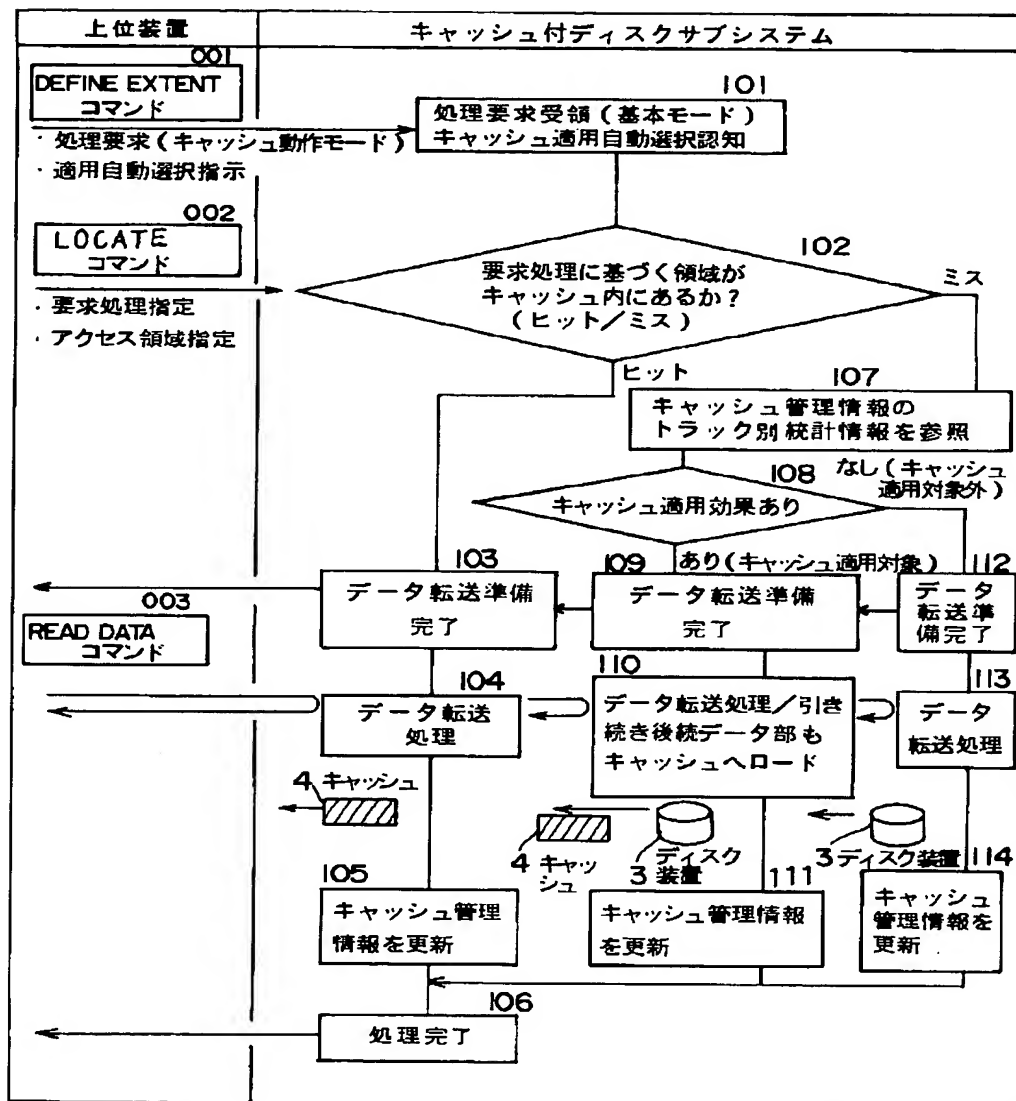
【図 9】図 6 のステップ 2 0 6 で基本モードでないと判定された場合の処理の残りの部分を示すフローチャート。

15 【符号の説明】

1 …上位装置、2 …ディスク制御装置（キャッシュ付ディスク制御装置）、3 …ディスク装置、4 …キャッシュ（キャッシュメモリ）、5 …マイクロプロセッサ、6 …チャンネルイタエース制御部、7 …デバイスインタフェース制御部、8 …キャッシュ情報管理部、8 1 …キャッシュ内管理情報、8 2 …キャッシュ外管理情報、8 3 …サブシステム統計情報。

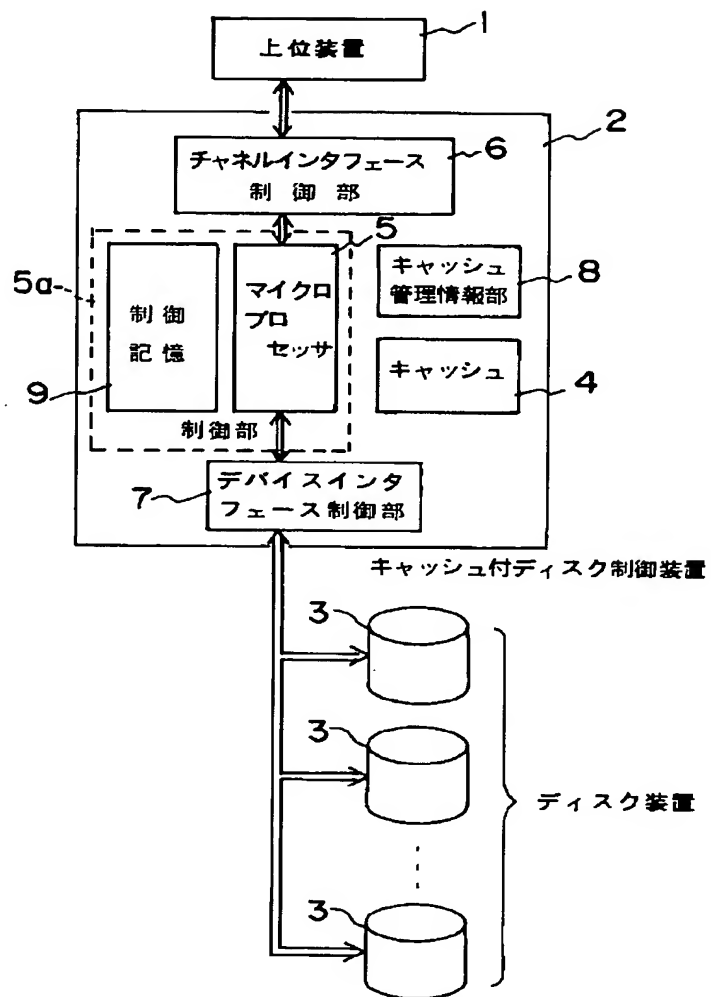
【図1】

図 1



【図2】

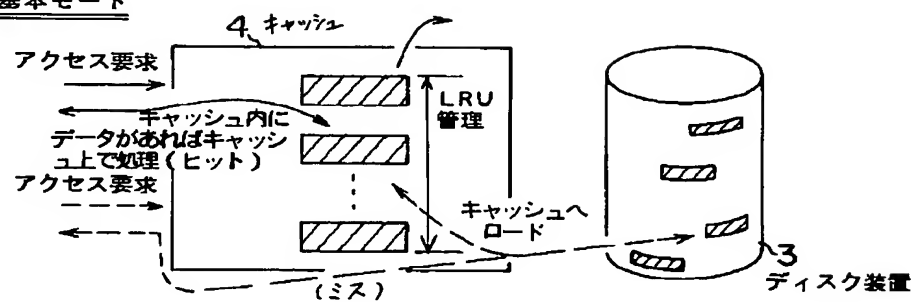
図 2



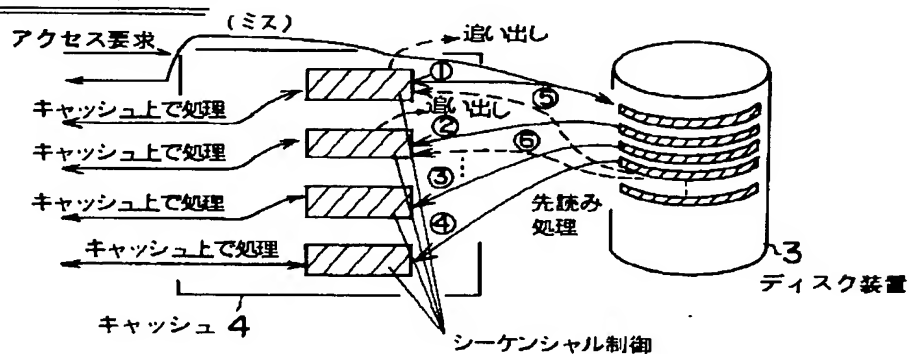
【図3】

図 3

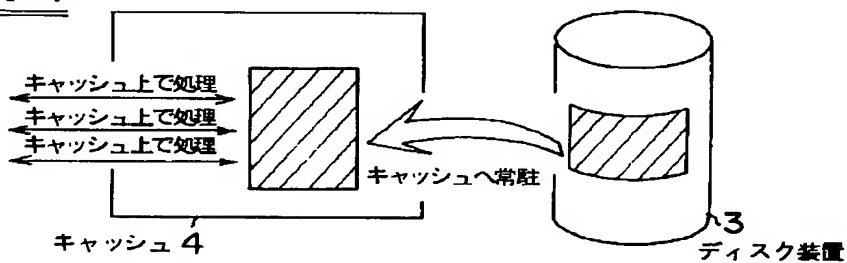
(A) 基本モード



(B) シーケンシャルモード

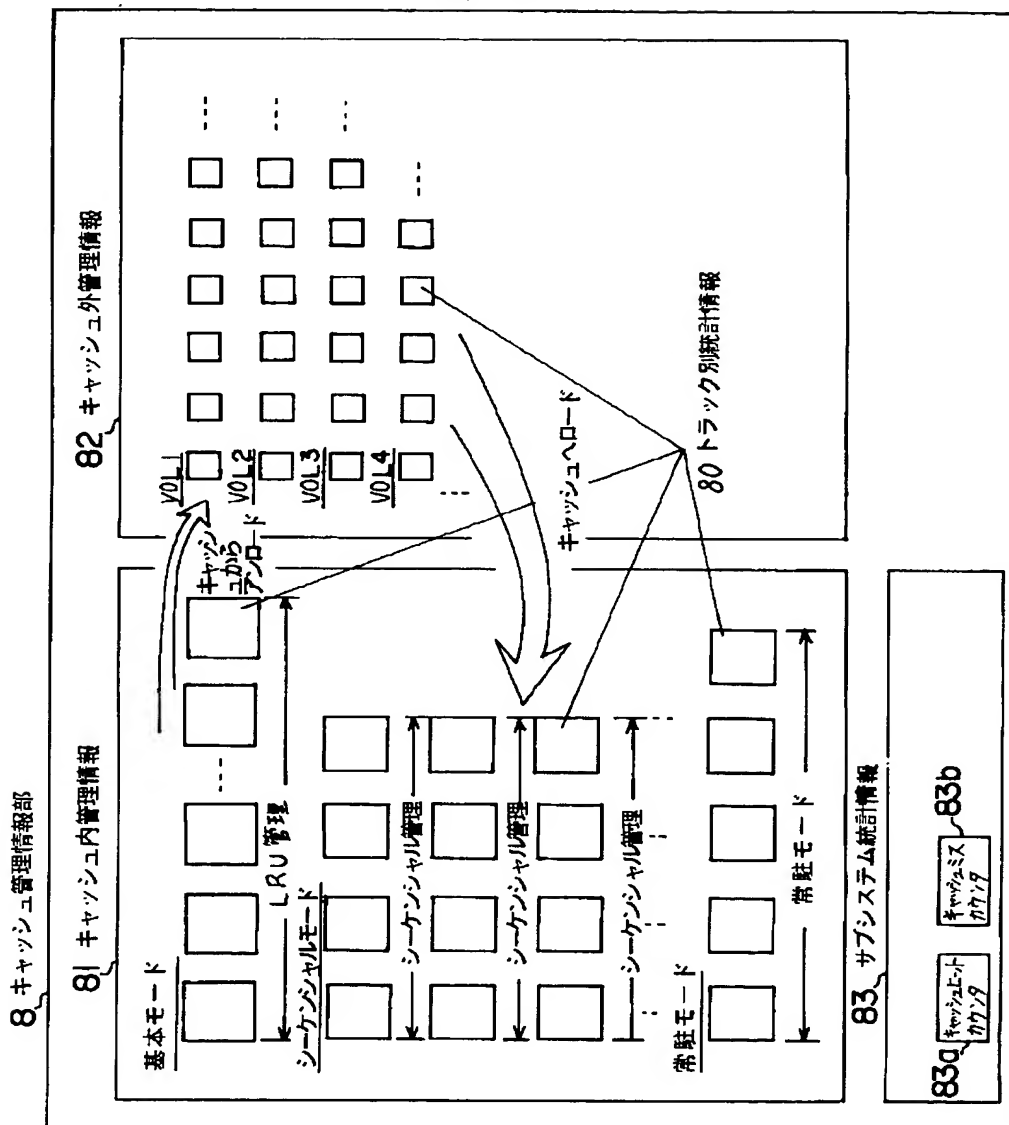


(C) 常駐モード

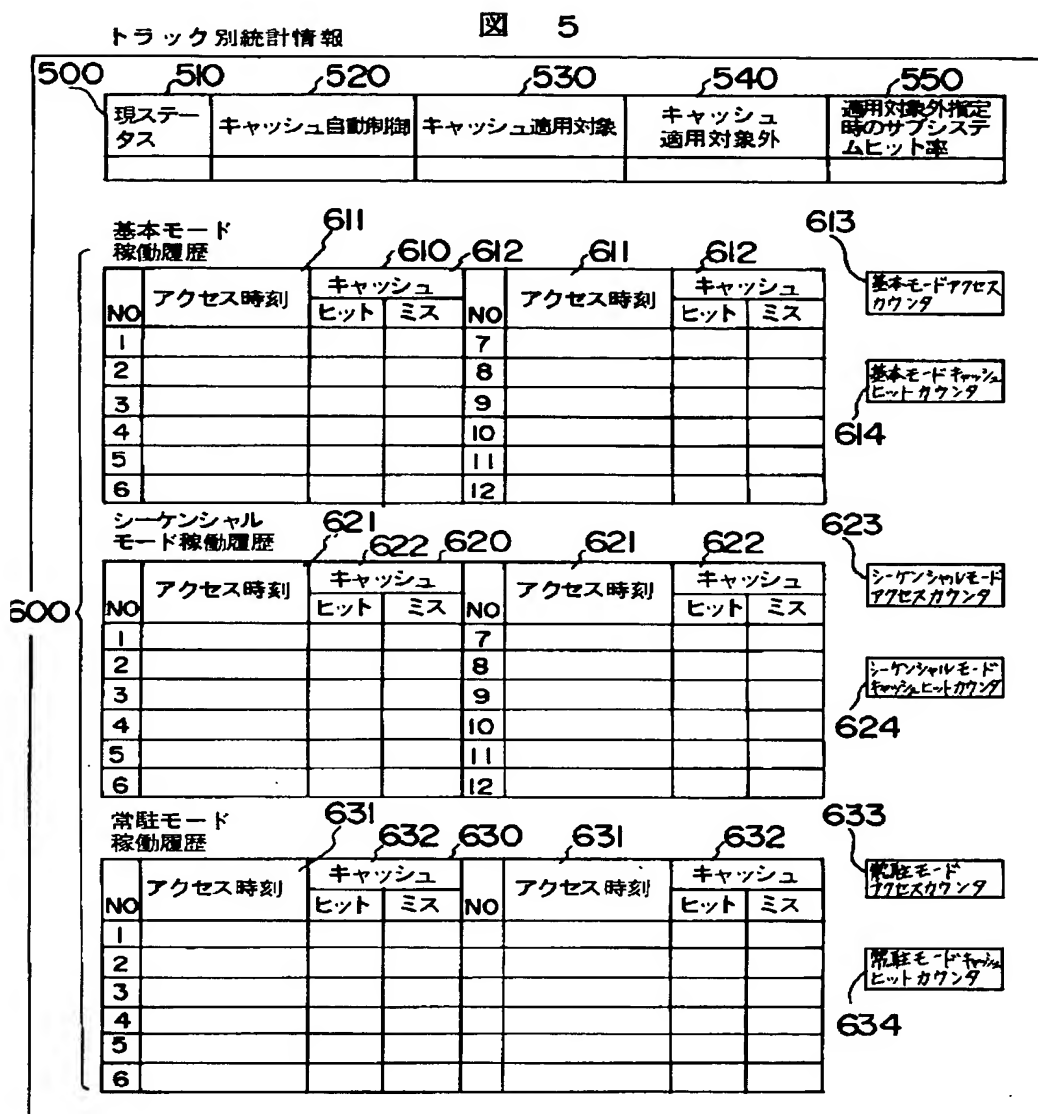


【図4】

図 4

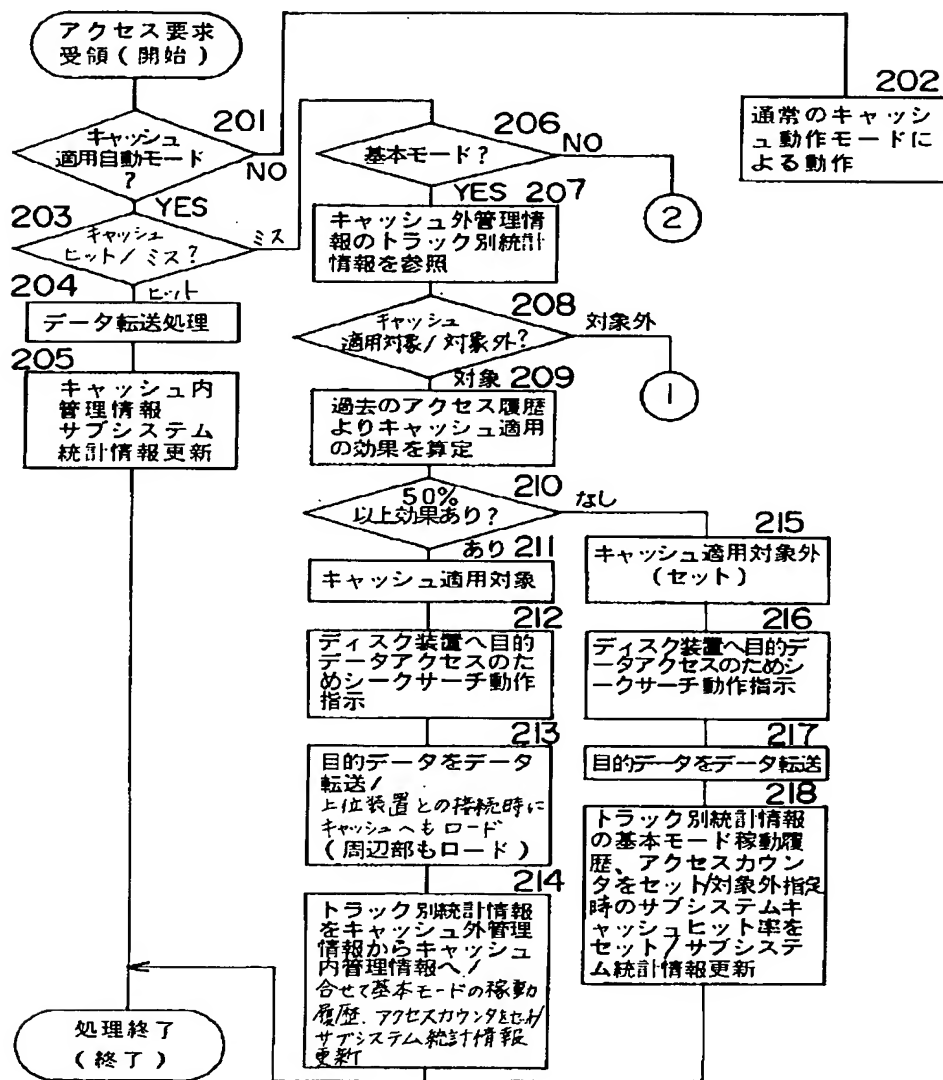


【図 5】



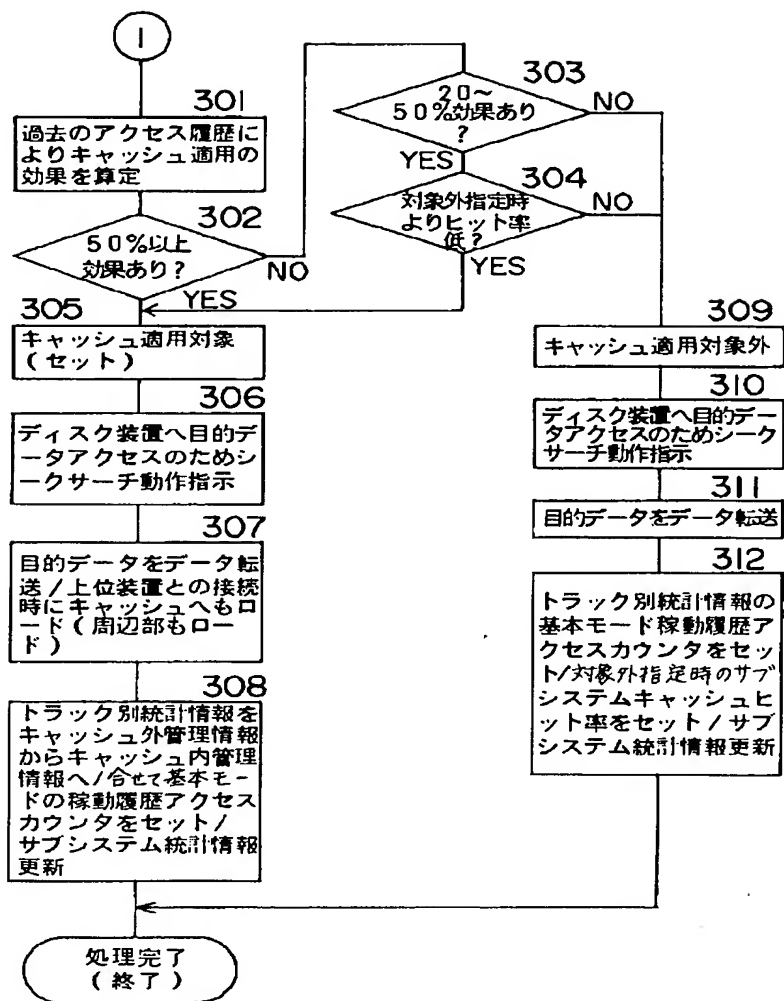
【図6】

図 6



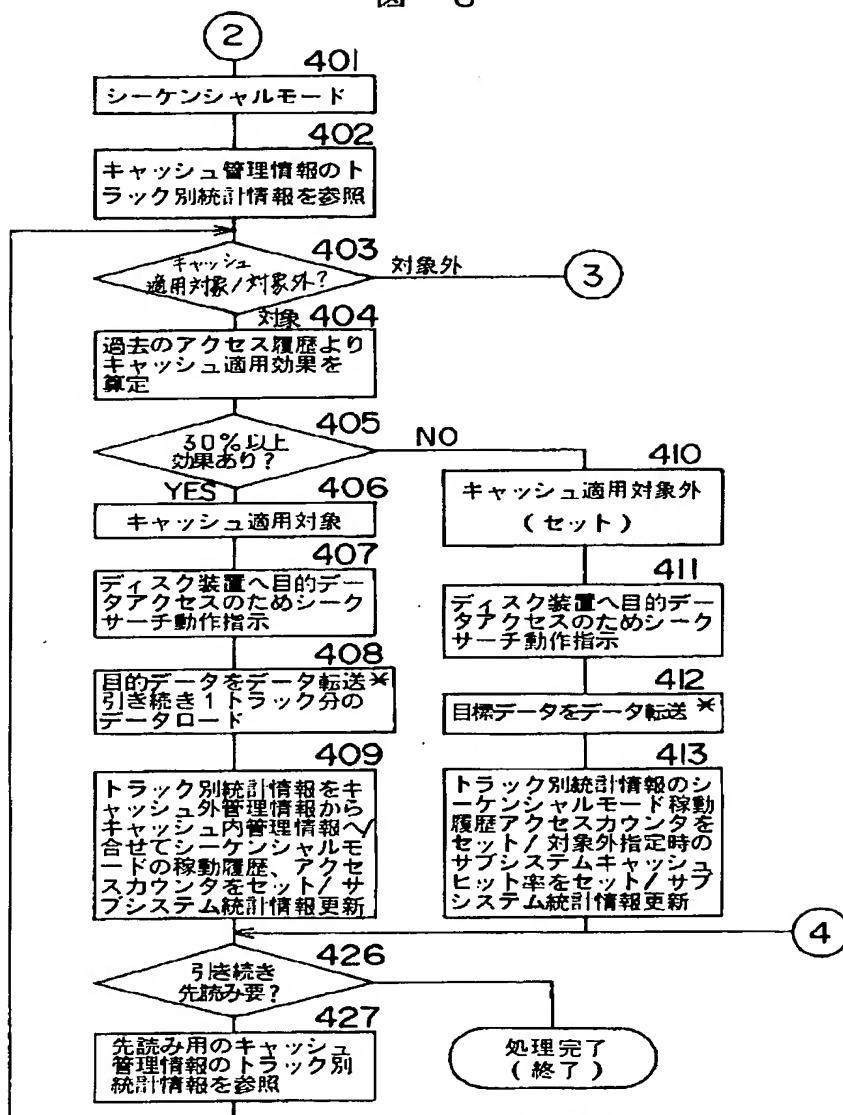
【図7】

図 7



【図8】

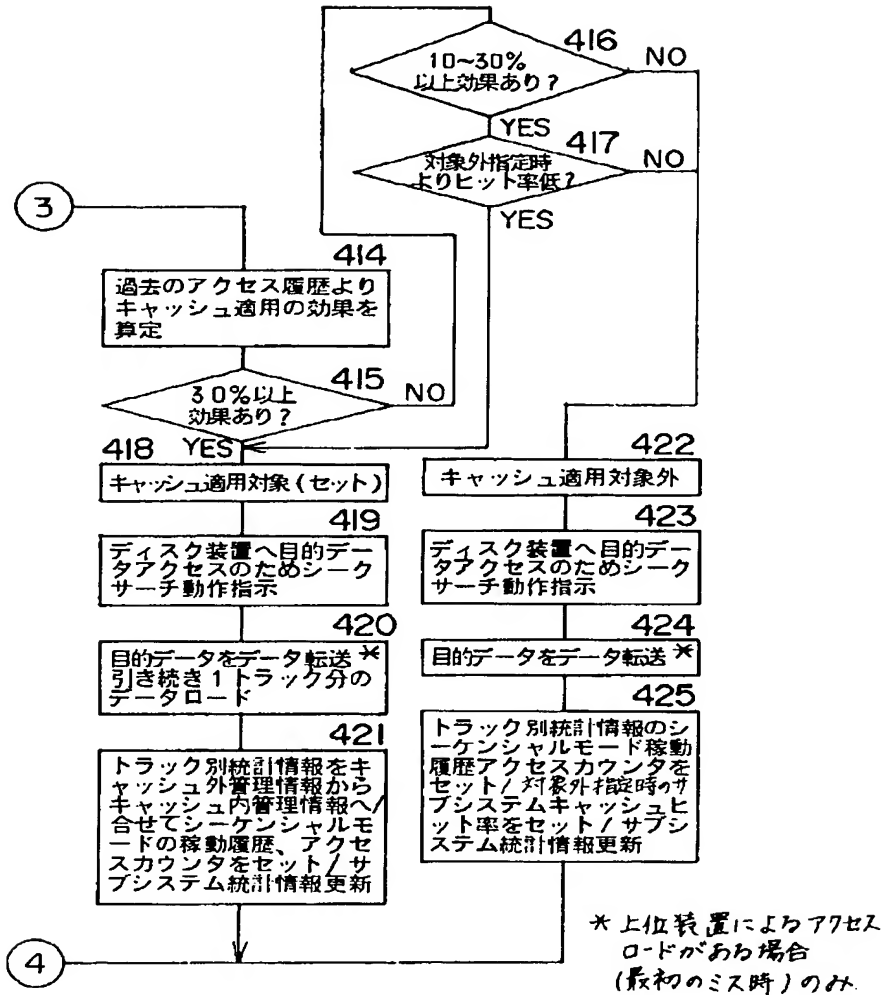
図 8



* 上位装置によるアクセスロードがある場合(最初のミス時)のみ

【図9】

図 9



フロントページの続き

(72)発明者 山本 彰
神奈川県川崎市麻生区王禅寺1099 株式会社
日立製作所システム開発研究所内
(72)発明者 平島 健
神奈川県小田原市国府津2880番地 株式会社
日立製作所小田原工場内

(72)発明者 新村 義章
神奈川県横浜市戸塚区戸塚町5030番地 株
式会社日立製作所ソフトウェア開発本部内
45 (72)発明者 井上 太郎
神奈川県川崎市麻生区王禅寺1099 株式会
社日立製作所システム開発研究所内